บทที่ 5

วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

สูตรอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวที่ได้ (ตารางที่ 28) พบว่าสูตรอาหารนี้ เมื่อผ่านขบวนการทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผงออกมาแล้วให้สัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานคือ พลังงานจากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 15.02, 35.39 และ 49.58 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่คนเราควรได้รับ (วิชัย และปรียา, 2528) มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 141.43 กิโลแคลอรี่ต่อกรัมไนโตรเจน ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ร่างกายสามารถนำโปรตีนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์นี้มา 20.92 กรัม ละลายน้ำให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของพลังงานเท่ากับ 1 กิโลแคลอรี่ต่อมิลลิลิตร ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานและน้ำอย่างเพียงพอ

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพ ผลิตภัณฑ์อาหารสูตรนี้มีค่า bulk density 0.51 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งอยู่ในมาตรฐานของ ADMI (1971) มีความคงตัวของการแขวนตะกอนดี สามารถละลายน้ำได้ดีโดยมีค่าดัชนีการละลายน้อยกว่า 0.1 มิลลิลิตร มีความหนืดเหมาะสมสามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5 และ 6 ได้เป็นอย่างดี และผลิตภัณฑ์สูตรนี้ยังมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย

การเตรียมสูตรอาหารนี้ต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขนาดเล็กมาก ๆ เช่น เศษดิน, เศษหิน และอื่น ๆ ที่กำจัดออกไม่หมดปนอยู่ในตัวอย่าง

<u>คาร์โบไฮเดรตและกากใย</u> จากการคำนวณโดยอาศัยผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบอื่น ๆ ได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และกากใย ร้อยละ 70.12 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ AVRDC (1975), Coffmann และ Garcia (1977), วุฒิชัย (2526), สมชาย (2528) และสมจิต (2529)

5.2 <u>การสกัดโปรตีนจากถั่วเขียวซีก</u>

5.2.1 <u>ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน</u>

พิจารณาจากตารางที่ 2 และภาพที่ 5 การสกัดโปรตีนจากถั่วเขียวซีกโดยใช้อัตราส่วนถั่วต่อตัวทำละลาย คือ 1 กรัม ต่อ 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการสกัด 20 นาที ปรากฏว่าที่ค่าพีเอชต่าง ๆ กัน โปรตีนถั่วเขียวจะถูกสกัดออกมาได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (ตารางผนวกที่ ค-1) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อตัวทำละลายเป็นด่างมากขึ้น ดังนั้นในการสกัดโปรตีนครั้งต่อไป จะเลือกใช้ค่าพีเอชเท่ากับ 9 ซึ่งให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงพอควร และเพื่อเป็นการเลี่ยงการแปรเปลี่ยนของสารอาหารเมื่ออยู่ในภาวะที่มีความเป็นด่างสูงเกินไปด้วย (Kinsella, 1976; Bender, 1978)

5.2.2 <u>อัตราส่วนที่เหมาะสมของถั่วซีกต่อตัวทำละลาย</u>

เมื่อเลือกภาวะในการสกัดโปรตีนที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 ใช้เวลาสกัด 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลอง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 6) ปรากฏว่าเมื่อใช้อัตราส่วนถั่วซีกต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 กรัม ต่อน้ำ 15

มิลลิลิตร ขึ้นไปสามารถสกัดโปรตีนออกมาได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันจนไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้อัตราส่วนที่ต่ำกว่า 1 กรัม ต่อน้ำ 15 มิลลิลิตร จะสกัดโปรตีนออกมาได้ปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (ตารางผนวกที่ ค-2) ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราส่วนถั่วซีกต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 กรัม ต่อ 15 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้สารละลายปริมาตรต่ำในขณะที่สกัดโปรตีนได้ปริมาณสูง ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและเวลาในการแยกตะกอนออกจากสารละลาย ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสกัดโดยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงลงด้วย

5.2.3 เวลาที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน

เมื่อเลือกสภาวะในการสกัดโปรตีน คือ ค่าพีเอช เท่ากับ 9 อัตราส่วนถั่วซีกต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 กรัม ต่อ 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลอง (ตารางที่ 4 และภาพที่ 7) ปรากฏว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดโปรตีนนาน 10 นาที ขึ้นไปสามารถสกัดโปรตีนได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันจนไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อใช้เวลาสกัดโปรตีนน้อยกว่า 10 นาที ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (ตารางผนวกที่ ค-3) ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาในการสกัดนาน 20 นาที ในการทดลองต่อไป ทั้งนี้ในการเลือกได้เผื่อค่าความปลอดภัยไว้ด้วย

5.3 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนที่สกัดได้โดยวิธีทางเคมี

เมื่อนำสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ซึ่งผ่านการทำให้เป็นกลางแล้วทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย ได้เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวชนิดผง เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้ผลคือ

(ตารางที่ 5) มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบร้อยละ 77.34 หรือ ร้อยละ 82 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณ เพื่อกำหนดปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารต่อไป แม้ว่าในการเตรียมอาหารจะใช้สารละลายโปรตีนที่เป็นกลาง เป็นแหล่งของโปรตีนก็ตาม แต่ก็สามารถคำนวณปริมาณของโปรตีนที่จะปรากฏในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดผงแห้งได้ เช่น เมื่อใช้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน สกัดโปรตีนจากถั่วเขียวซีก 100 กรัม ได้ปริมาณโปรตีน 22.19 กรัม ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนหลังจากการอบแห้งแบบพ่นกระจายแล้วร้อยละ 82 ดังนั้นจากการคำนวณปริมาณโปรตีนที่สกัดได้พร้อมผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายจากถั่วซีก 100 กรัม จะได้ปริมาณโปรตีน 18-20 กรัม ในการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ การปรับพีเอชของสารละลายในการสกัดโปรตีน จะเกิดเกลือขึ้น ซึ่งทางที่ดีควรกำจัดออกโดยวิธี dialysis แต่สำหรับงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำเนื่องจากไม่มีห้องเย็น (Cold room) ที่สามารถรักษาสภาวะในการทดลองได้ ดังนั้นโปรตีนสกัดที่ได้จึงต้องระวังในการใช้กับผู้ป่วยที่ต้องจำกัดปริมาณเกลือที่ได้รับจากอาหารด้วย

5.4 การเตรียมอาหารทางการแพทย์

หลังจากเตรียมอาหารในรูปของเหลว ซึ่งมีความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 10 แล้วนำมาทดลองหาค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้า และอุณหภูมิลมร้อนออกที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยให้อัตราการไหลของลม (Flow rate) คงที่ จากผลการทดลอง (ตารางที่ 6) ปรากฏว่า ที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 130 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิลมร้อนออก 70 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 130 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิลมร้อนออก 90 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นสภาวะที่ กุลวดี (2534) ใช้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง) ที่บริเวณผิวด้านในของภาชนะอบแห้ง มีผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยแห้งเกาะติดอยู่มาก และมีค่าผลผลิตต่ำ ส่วนที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 190 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิลมร้อนออก

70 องศาเซลเซียส ได้ค่าผลผลิตสูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็นไหม้ สำหรับที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิลมร้อนออก 90 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณผลผลิตสูง และมีปริมาณความชื้นต่ำ แต่มีอัตราการไหลของสารละลายช้ามาก ทำให้ต้องใช้เวลานานและสูญเสียพลังงานจำนวนมากในการทำแห้ง ดังนั้นจึงเลือกค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 70 องศาเซลเซียส ในการผลิตอาหารต่อไป ซึ่งสภาวะนี้จะมีอัตราการไหลของสารละลายเร็วและให้ค่าผลผลิตสูงพอสมควร แม้ว่าจะมีปริมาณความชื้นหลงเหลือในผลิตภัณฑ์สูงกว่าเมื่อทดลองใช้อุณหภูมิลมร้อนออก 90 องศาเซลเซียส ก็ตาม แต่พบว่ายังมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองของกุลวดี (2534) ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.86 และปริมาณความชื้นยังอยู่ในคุณลักษณะที่ต้องการของนมผง คือ ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524)

5.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์

5.5.1 Bulk density

ค่า Bulk density ของผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 10 สูตร ในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่เหมาะสมที่ American Dry Milk Institute (ADMI) แนะนำ (Kirk และ Sawyer, 1991) คือ 0.5 กรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าการใช้กัวร์กัม ร้อยละ 0.2 การใช้คาร์ราจีแนน ร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า bulk density ต่ำและผงอาหารมีลักษณะอัดตัวกันแน่น ส่วนการใช้วัตถุเจือปนอาหารในสูตรอื่น ๆ ค่า bulk density ที่ทดสอบได้ใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงปริมาณกำหนดของ ADMI

5.5.2 ความคงตัวของการแขวนตะกอน

ผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 10 สูตร เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ในตู้เย็นซึ่งเป็นสภาพการใช้งานปกติของอาหารเหล่านี้พบว่า สูตรอาหารที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหารใด ๆ มีการแยกชั้นเกิดขึ้น สูตรอาหารที่ใช้กัวร์กัมปริมาณ ร้อยละ 0.05 มีการแยกชั้น ส่วนสูตรที่ใช้กัวร์กัมปริมาณ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 ไม่มีการแยกชั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากกัวร์กัมในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มความข้นหนืดของอาหารเหลว ทำให้การแยกชั้นเกิดขึ้นได้ช้าลง สำหรับสูตรอาหารที่ใช้คาร์ราจีแนน ทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความคงตัวของการแขวนตะกอนได้ดีไม่มีการแยกชั้น โดยคาร์ราจีแนนที่นำมาใช้นี้เป็นชนิดไอโอต้า (iota-carrageenan) ซึ่งเป็นสารที่สามารถก่อเจล ที่มีความยืดหยุ่นได้ (Flexible gel) ทำให้ความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์มากขึ้น จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวของการแขวนตะกอนดี ไม่มีการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ส่วนสูตรอาหารที่ใช้เลซิธิน เป็นวัตถุเจือปนอาหาร พบว่าสูตรที่ใช้เลซิธินในปริมาณร้อยละ 0.1 มีการแยกชั้นเกิดขึ้น ในขณะที่สูตรที่ใช้ปริมาณเลซิธินร้อยละ 0.3 และ 0.5 มีความคงตัวของการแขวนตะกอนดี โดยไม่พบการแยกชั้นตลอด 24 ชั่วโมงที่ตั้งทิ้งไว้ ทั้งนี้เลซิธิน ซึ่งเป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) มีคุณสมบัติเป็นสารก่ออิมัลชัน (Emulsifier) จึงทำให้ไขมันในสูตรอาหารเข้ากับน้ำได้ดี เกิดเป็นอิมัลชันที่คงตัวขึ้น (Branen และคณะ, 1990)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของความคงตัวในการแขวนตะกอนแล้วสูตรอาหารที่มีความคงตัวของการแขวนตะกอนดี คือ สูตรที่ใช้กัวร์กัมร้อยละ 0.1 และ 0.2 สูตรที่ใช้คาร์ราจีแนน ทั้ง 3 สูตร และสูตรที่ใช้เลซิธินในปริมาณ ร้อยละ 0.3 และ 0.5 เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

5.5.3 ดัชนีการละลาย

พิจารณาจากผลในตารางที่ 9 ผลิตภัณฑ์อาหารทุกสูตรเมื่อทำการทดสอบหาดัชนีการละลาย ซึ่งวัดผลการละลายจากปริมาตรตะกอนที่เหลือ ถ้าปริมาตรตะกอนมากแสดงว่าละลายได้น้อย ผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหารสามารถละลายได้ดี (ดัชนีการละลายน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กัวร์กัมพบว่าความสามารถในการละลายจะลดลง เมื่อปริมาณของกัวร์กัมเพิ่มขึ้น โดยที่เมื่อใช้ปริมาณกัวร์กัม ร้อยละ 0.05 ผลิตภัณฑ์ยังสามารถละลายได้ดี (ดัชนีการละลายน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของกัวร์กัมเป็นร้อยละ 0.1 และ 0.2 ผลิตภัณฑ์จะละลายน้ำได้น้อยลง โดยมีดัชนีการละลายเท่ากับ 0.10 และ 0.15 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์สูตรที่ใช้คาร์ราจีแนน ในปริมาณร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 มีค่าดัชนีการละลายเท่ากับ 0.13, 0.55 และ 0.65 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรนี้ใช้คาร์ราจีแนนนี้ละลายได้ไม่ดีนัก ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เลซิธินเป็นวัตถุเจือปนอาหารพบว่าสามารถละลายได้ดี (ค่าดัชนีการละลายน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร) ในสูตรที่ใช้เลซิธิน ปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.5 ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณสมบัติในด้านการละลายของผลิตภัณฑ์อาหารสูตรต่าง ๆ แล้ว สูตรที่สามารถละลายได้ดีคือสูตรที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร สูตรที่ใช้กัวร์กัมปริมาณ ร้อยละ 0.05 และสูตรที่ใช้เลซิธินในปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.5 เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

5.5.4 ความหนืด

จากผลการวัดค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 10 สูตร (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 8-10) พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารสูตรที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหารใด ๆ มีความหนืดต่ำที่สุด สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5-6 ได้อย่างดี และพบว่าความหนืดของสูตรอาหารที่ใช้กัวร์กัม และคาร์ราจีแนน ซึ่งเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดนั้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเพิ่มความข้นหนืด

รดยสูตรที่ใช้กัวร์กัมในบริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.1 สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5-6 ได้ ส่วนสูตรที่ใช้กัวร์กัม บริมาณร้อยละ 0.2 และสูตรอาหารที่ใช้คาร์ราจีแนนทั้ง 3 สูตร พบว่ามีลักษณะหนืดข้น คล้ายกาวมีความหนืดสูง และเมื่อทดลองให้ไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5-6 จะเกิดการอุดตันไม่สามารถไหลผ่านได้ดี สำหรับสูตรอาหารที่ใช้เลซิธินทั้ง 3 สูตร พบว่าค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามบริมาณของเลซิธินที่ใช้ และทั้ง 3 สูตร สามารถไหลผ่านสายให้อาหารเบอร์ 5-6 ได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงความหนืดของผลิตภัณฑ์อาหารเมื่อชงแล้วพร้อมให้แก่ผู้ป่วย สูตรอาหารที่เหมาะสมคือ สูตรที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร สูตรที่ใช้กัวร์กัมบริมาณ ร้อยละ 0.05 และ 0.1 และสูตรอาหารที่ใช้เลซิธินเป็นวัตถุเจือปนอาหารทั้ง 3 สูตร

5.5.5 <u>ผลผลิตที่ได้จากการทำแห้งรดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายของผลิตภัณฑ์อาหารสูตรต่าง ๆ</u>

พิจารณาจากตารางที่ 11 และภาพที่ 11-13 ปรากฏว่าสูตรที่ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหารให้บริมาณผลผลิตสูงที่สุด สูตรอาหารที่ใช้สารเพิ่มความข้นหนืด คือ สูตรที่ใช้กัวร์กัมและคาร์ราจีแนน จะมีบริมาณผลผลิตลดลงเมื่อเพิ่มบริมาณสารเพิ่มความข้นหนืดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการที่ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดมากขึ้นจะมีรอกาสจับติดผนังภาชนะที่ใช้ทำแห้งมากขึ้นจนเกิดเป็นแผ่นฟิล์มรอบผิวภาชนะทำแห้งด้านใน ทำให้บริมาณผลผลิตลดลง ส่วนสูตรอาหารที่ใช้เลซิธินพบว่าทั้ง 3 สูตรมีบริมาณผลผลิตใกล้เคียงกัน และมีการเกาะติดบริเวณภาชนะทำแห้งของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าสูตรอาหารที่ใช้กัวร์กัม และคาร์ราจีแนน

หลังจากทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เมื่อนำสูตรอาหารทั้ง 10 สูตร มาทำการเปรียบเทียบรวมกันใน

ความเหมาะสมต่อการใช้ในแง่ของคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ จะแสดงได้ดังตารางที่ 27 ซึ่งสรุปได้ว่าสูตรอาหารที่ใช้เลซิธินในปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.5 เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้งหมด 10 สูตร โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมทั้งในด้านของความคงตัวในการแขวนตะกอนการละลายและมีความหนืดพอเหมาะที่จะไหลผ่านสายให้อาหารได้อย่างดี

5.5.6 ค่าการละลาย

หลังจากสรุปได้ว่าสูตรอาหารที่ใช้เลซิธินปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.5 เป็นวัตถุเจือปนอาหารมีความเหมาะสมต่อการใช้งานแล้ว ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เลซิธินในปริมาณ ร้อยละ 0.3 และ 0.5 นี้ แม้จะสามารถละลายได้ดีทั้งคู่ (ดัชนีการละลายน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร) แต่ยังมีตะกอนที่ก้นหลอด Centrifuge ในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งต่างก็มีปริมาตรน้อยกว่าขีดต่ำสุดที่จะตรวจสอบได้ (ขีด 0.1 มิลลิลิตร) จึงทำการทดสอบค่าการละลายเพิ่มเติมทำให้สามารถวัดความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ได้ละเอียดขึ้น ผลการทดลอง (ตารางที่ 12 และ ภาพที่ 14) ปรากฏว่า ปริมาณของเลซิธินในสูตรอาหารและค่าการละลายมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง ($r=0.99$) โดยที่ปริมาณเลซิธินที่ใช้เพิ่มขึ้นการละลายจะดีมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าการละลายของสูตรอาหารที่ใช้ปริมาณเลซิธินในช่วง ร้อยละ 0.3 ถึง 0.5 แล้วพบว่าการใช้ปริมาณเลซิธินร้อยละ 0.5 ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในนมผง (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2522) จะให้ค่าการละลายสูงที่สุด

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารสูตรต่าง ๆ ทางกายภาพแล้ว สูตรอาหารที่ใช้เลซิธินในปริมาณ ร้อยละ 0.5 ให้ผลดีที่สุด โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงเลือกสูตรนี้เพื่อทำการปรับปรุงรสชาติในขั้นต่อไป

5.6 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์โดยวิธีทางเคมี

จากตารางที่ 13 และ 14 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้นี้มีสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานคือ พลังงานจากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 14.91, 35.60 และ 49.48 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่คนเราควรได้รับคือ ร้อยละ 15-20, 30-35 และ 45-55 ตามลำดับ (วิชัย และปรียา, 2528) มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ไม่ได้มาจากโปรตีนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 142.63 กิโลแคลอรี่ต่อกรัมไนโตรเจน ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ร่างกายสามารถนำเอากรดอะมิโนที่ดูดซึมเข้าไปสร้างเสริมโปรตีนใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อนำอาหารทางการแพทย์สูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวนี้มา 20.88 กรัม ละลายน้ำให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของพลังงาน 1 กิโลแคลอรี่ต่อมิลลิลิตร ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานและน้ำอย่างเพียงพอ (Rombeau และ Caldwell, 1984 ; วิชัย และปรียา, 2528 ; Bernard และคณะ, 1986)

เมื่อพิจารณาในด้านสูตรอาหารแล้วจะเห็นได้ว่ามีการใช้ไขมันจากน้ำมันข้าวโพด และจากไตรกลีเซอไรด์สายโมเลกุลยาวปานกลาง ในอัตราส่วน 80 ต่อ 20 ซึ่งทำให้ร่างกายได้รับกรดไขมันจำเป็น โดยเฉพาะกรดไลโนลิอิกในปริมาณที่เพียงพอและไตรกลีเซอไรด์สายโมเลกุลยาวปานกลางนี้จะช่วยให้ผู้ป่วยสามารถย่อยและดูดซึมไขมันไปใช้ได้ง่ายขึ้น (Grills และ Bosscher, 1981 ; Rombeau และ Caldwell, 1984)

5.7 การปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์

5.7.1 ปรับปรุงความหวาน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบในรสหวาน (ตารางที่ 15-17) จะเห็นว่าผู้ชิมให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30 ของส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.53 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยพิจารณาจากตารางผนวกที่ ค-4 จะเห็นว่าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่า F จากตารางแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งรสหวานต่าง ๆ กัน มีผลทำให้คะแนนการยอมรับจากผู้ชิมในเรื่องความชอบในรสต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อวิเคราะห์ต่อไปโดยทดสอบตามวิธี Duncan's New Multiple range Test (ดูวิธีในผนวก ค) จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรตเมื่อเปรียบเทียบกันเป็นคู่ ๆ ทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนความชอบในเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับในเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เมื่อความหวานเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 18-19) โดยผู้ชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30 ของส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรต มากที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ย 1.80 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยพิจารณาจากตารางผนวกที่ ค-5 จะเห็นว่าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่า F จากตารางแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการแต่งรสหวานต่าง ๆ กัน (Treatment) มีผลทำให้คะแนนการยอมรับจากผู้ชิมในเรื่องความชอบในกลิ่นต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อวิเคราะห์ต่อไปโดยทดสอบตามวิธี Duncan's New Multiple range Test แล้วจะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีน้ำตาลซูโครสกับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 20 มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัย

สำคัญ ส่วนผลิตภัณฑ์คู่อื่น ๆ ที่เหลือเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้ชิมต่อกลิ่นที่พอใจที่สุดมีค่า 1.80 ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนน 1 คือไม่ชอบ และ 2 คือรู้สึกเฉย ๆ แสดงว่าผู้ชิมยังไม่ยอมรับต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์แม้จะทำการแต่งรสหวานเป็นที่ยอมรับแล้วก็ตาม จึงต้องทำการปรับปรุงในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ด้วย

5.7.2 <u>ปรับปรุงกลิ่น</u>

เมื่อทำการปรับปรุงกลิ่นของผลิตภัณฑ์ โดยใช้กลิ่นวานิลลา และกลิ่นสตรอเบอรี่ช่วยแต่งกลิ่น พบว่าผู้ชิมมีความชอบในกลิ่นของผลิตภัณฑ์สูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลามากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.40 รองลงมาคือกลิ่นสตรอเบอรี่โดยมีคะแนนเฉลี่ย 2.87 (ตารางที่ 20-21) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยพิจารณาจากตารางผนวกที่ ค-6 จะเห็นว่าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่า F จากตาราง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่แต่งกลิ่นต่าง ๆ กัน (treatment) มีผลทำให้คะแนนการยอมรับในเรื่องความชอบในกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อวิเคราะห์ต่อไปโดยวิธี Duncan's New Multiple range Test แล้วจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ไม่มีการแต่งกลิ่น สูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลา และสูตรที่แต่งกลิ่นสตรอเบอรี่ เมื่อจับคู่เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย ปรากฏว่าทุกคู่มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนความชอบในเรื่องรสของผลิตภัณฑ์ที่แต่งกลิ่นต่างๆ พบว่าผู้ชิมมีความชอบในเรื่องรสชาติของผลิตภัณฑ์สูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลามากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.40 รองมาคือ กลิ่นสตรอเบอรี่ที่มีคะแนนเฉลี่ย 3.00 (ตารางที่ 22-23) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยพิจารณาจากตาราง

ผนวกที่ ค-7 จะเห็นว่าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่า F จากตาราง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่แต่งกลิ่นต่าง ๆ กัน (treatment) มีผลทำให้คะแนนการยอมรับของผู้ชิม ในเรื่องความชอบในรสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อวิเคราะห์ต่อไปโดยทดสอบตามวิธี Duncan's New multiple range Test แล้วจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ไม่มีการแต่งกลิ่นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลา และสูตรที่แต่งกลิ่นสตรอเบอรี่แล้วมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่แต่งกลิ่นวานิลลาเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่แต่งกลิ่นสตรอเบอรี่บรากฏมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นจากผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์จะสรุปได้ว่า ผู้ชิมให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลซูโครสปริมาณร้อยละ 30 ของส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรต และแต่งกลิ่นวานิลลามากที่สุด

สำหรับการทดสอบการยอมรับต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ในการวิจัยนี้ ผู้ชิมที่ทำการชิมผลิตภัณฑ์และให้คะแนนในแบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เป็นผู้ที่มีสุขภาพปกติ และชิมเป็นครั้งคราว แต่ในการใช้กับผู้ป่วยจริง ผลการทดสอบที่ได้อาจแตกต่างออกไปได้ เนื่องจากผู้ป่วยในบางโรคการรับรสจะเปลี่ยนแปลงไป ความอยากอาหารอาจลดลงและในผู้ป่วยที่ต้องได้รับผลิตภัณฑ์อาหารโดยการรับประทานหลายมื้ออาหารติดต่อกัน จะเกิดความเบื่อในรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารได้

5.8 <u>คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงรสชาติแล้ว</u>

ในการปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ จะมีการเพิ่มหรือลดปริมาณสารต่าง ๆ ในสูตรอาหารซึ่งอาจมีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการ และสัดส่วน

ของสารอาหารที่ให้พลังงานเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงรสชาติแล้ว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้โดยทำการปรุงแต่งรสชาติด้วยการใช้น้ำตาลซูโครสปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาณส่วนประกอบคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารโดยลดปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินลง และมีการใช้กลิ่นวานิลลาในการปรุงแต่ง ให้สัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานใกล้เคียงกับสูตรที่ยังไม่ปรับปรุงรสชาติ (ผลแสดงในตารางที่ 24,25) และเมื่อพิจารณาในด้านของสูตรอาหารแล้วจะเห็นว่ามีการใช้น้ำตาลซูโครสต่อมอลโตเด็กซ์ตรินในอัตราส่วน 30 ต่อ 70 ซึ่งมอลโตเด็กซ์ตรินในสูตรอาหารเป็นพวกโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ดี ย่อยและถูกดูดซึมได้ง่ายและยังทำให้สูตรอาหารมีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำ ส่วนน้ำตาลซูโครสจะช่วยในด้านรสชาติทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความคงตัวของการแขวนตะกอน ดัชนีการละลาย และความหนืด (ตารางที่ 26) พบว่ายังมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานได้ดี ไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ก่อนปรับปรุงรสชาติแต่อย่างใด

จากที่กล่าวมาทั้งหมดแล้วนั้น สูตรอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวที่มีสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย สามารถละลายน้ำได้ดี มีความคงตัวเมื่อตั้งทิ้งไว้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะให้ทางสายให้อาหารและมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อให้โดยการรับประทาน แสดงได้ในตารางที่ 28 และคุณสมบัติทางกายภาพส่วนประกอบของสารอาหาร และพลังงาน ของผลิตภัณฑ์อาหารนี้แสดงได้ดังตารางที่ 29 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2 ชนิด ในด้านของปริมาณสารอาหาร (ไม่รวมวิตามินและเกลือแร่) และการกระจายของพลังงานตามที่ระบุที่ฉลากของผลิตภัณฑ์ ผลแสดงในตารางที่ 30 ซึ่งพบว่าปริมาณสารอาหารและการกระจายของพลังงานจะแตกต่างกันบ้าง ขึ้นกับสูตรของผลิต

ภัณฑ์และวัตถุประสงค์ในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 1 จะมุ่งการใช้ในทารก ส่วนผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดที่ 2 และผลิตภัณฑ์อาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ทั้ง 2 สูตรนี้เป็นอาหารทางการแพทย์ ซึ่งใช้กับผู้ป่วยทั่วไปที่ต้องการสารอาหารครบถ้วน และมีการกระจายของพลังงานจากสารอาหารต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

การผลิตอาหารทางการแพทย์ชนิดผงสูตรโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวนี้ มุ่งหวังจะศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมอาหารที่มีสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงานอย่างเหมาะสมกับความต้องการของร่างกายมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมกับที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วยที่ต้องให้อาหารผ่านทางสายให้อาหาร และมีรสชาติที่ดี ซึ่งการที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วยจริง ยังมีสิ่งที่ต้องศึกษาและพัฒนาต่อไป คือการเติมวิตามินและเกลือแร่ในสูตรอาหาร ต้องคำนึงถึงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิดที่มีปริมาณน้อยในโปรตีนจากพืช ซึ่งอาจต้องเสริมในสูตรของอาหาร นอกจากนั้นยังต้องทำการประเมินคุณค่าทางโภชนาการทางชีวภาพ (Biological Assay) ต่อไปด้วย จึงจะสรุปได้ว่าเป็นอาหารทางการแพทย์ที่สมบูรณ์สามารถที่จะใช้กับผู้ป่วยได้ (Bodwell, 1977 ; Pellett และ Young, 1980) และควรศึกษาถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Stability) เมื่อเก็บในระยะเวลาต่าง ๆ , ภาชนะที่เหมาะสมในการบรรจุ และทำการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพดีตลอดเวลาด้วย

สำหรับแนวทางในการนำโปรตีนที่เป็นของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบมาใช้นั้น สามารถทำได้โดยทำการปรับปรุงกรรมวิธีในการแยกแป้งและสารละลายโปรตีนออกจากกันให้ถูกสุขลักษณะรวมถึงการตกตะกอนโปรตีนต้องใช้สารเคมีชนิดที่ใช้กับอาหารและมีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งถ้าขบวนการเหล่านี้ถูกสุขลักษณะและโปรตีนที่แยกออกมามีความปลอดภัยในการบริโภคแล้ว ก็สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนราคาถูก เพื่อผลิตอาหารทางการแพทย์ หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากโปรตีนถั่วเขียวได้